

# Dispečer trening simulator u Nezavisnom operatoru sistema u Bosni i Hercegovini

Nenad Čavarkapa

Služba za operativno planiranje  
Nezavisni operator Sistema u Bosni i Hercegovini  
Sarajevo, Bosna i Hercegovina  
n.cavarkapa@nosbih.ba

**Sadržaj**—Zbog složenosti rada elektroenergetskog sistema (EES) potrebna je obuka dispečera. Obuka se ne može vršiti na stvarnom sistemu nego se za to koristi Dispečer trening simulator (DTS). U ovom radu je opisan princip rada dispečer trening simulatora, njegove mogućnosti i kako bi se mogao koristiti za obuku dispečera u NOSBIH-u.

**Ključne riječi**—DTS; EES; SCADA sistem;

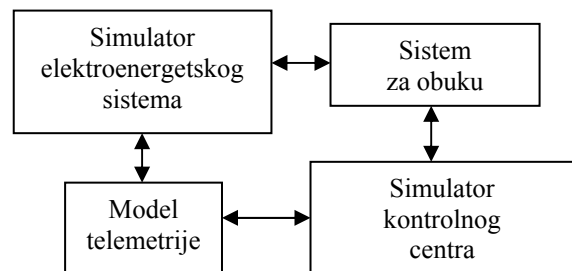
## I. UVOD

Nprekidnost napajanja električnom energijom potrošača je jedan od zahtjeva u savremenom društvu. Ukoliko bi došlo do poremećaja u prenosnom sistemu to bi imalo veliki uticaj na potrošače. Obuka dispečera na stvarnom elektroenergetskom sistemu (EES) ne dolazi u obzir iz očiglednih razloga. Zbog toga je potrebna obuka dispečera na trening simulatoru da bi bili spremni za neke moguće nepredviđene događaje u prenosnom sistemu. Cilj DTS-a je do što realnije simulirati ponašanje EES-a i SCADA sistema. On koristi poseban hardver da se ne bi uticalo na SCADA sistem. DTS se koristi za obuku, a može se koristiti, zbog nezavisne baze podataka, da se simulira nadogradnja mreže ili dodavanje nove proizvodne jedinice.

## II. OPIS DTS

Osnovni blokovi DTS-a su prikazani na sl. 1. Simulator elektroenergetskog sistema služi za simuliranje rada sistema u stacionarnom režimu a može da simulira dinamiku srednjeg i dugog trajanja. Model telemetrije simulira ponašanje komunikacione mreže između EES-a i SCADA sistema. Simulator kontrolnog centra simulira ponašanje SCADA sistema. U simulatoru kontrolnog centra je većina aplikacija ista kao na SCADA sistemu. Izgled prozora na DTS-u i većina modula su isti kao na SCADA sistemu da bi prilikom obuke dispečer imao osjećaj da radi sa stvarnim sistemom. Prvi korak pri radu sa DTS-om je kopiranje podataka sa SCADA sistema. Iz baze SCADA sistema se pored arhivskih podataka o tokovima snaga i naponima kopiraju i parametri mreže i generator, pa je potrebno da na SCADA sistemu parametri budu dobro uneseni. Simulator kontrolnog centra omogućava preduzimanje kontrolnih akcija za prekidače, regulacione preklapke itd na isti način kao kod SCADA sistema. Svi signali koji se mogu pojaviti na SCADA sistemu mogu da se pojave na DTS-u. To omogućava simulaciju raznih signala koji se

pojavljuju u realnom sistemu kako bi dispečeri bili pripremljeni za slučaj da se oni pojave u toku rada na stvarnom sistemu. Mrežne aplikacije i aplikacije vezane za upravljanje snagom su iste kao na SCADA sistemu. Zbog postojanja istih modula na DTS-u kao na SCADA sistemu novi softver ili nadogradnja mreže bi se trebala prvo testirati na DTS-u, pa tek onda instalirati na SCADA sistem. NOSBIH trenutno koristi Siemens-ov SCADA sistem i DTS.



Slika 1 Blok dijagram DTS-a [3]

## III. MODULI KOJE IMA SAMO DTS

Moduli koje ima DTS se koriste za simuliranje rada EES-a i ponašanja telemetrije. DTS mora imati modul koji omogućava treneru da pripremi obuku odnosno omogući mu administratorska prava. Moduli koje ima samo DTS su:

### A. Simulator elektroenergetskog sistema.

Simulator elektroenergetskog sistema je osnovni dio DTS-a koji simulira ponašanje EES-a. On se sastoji od sledećih modela:

- Model potrošnje se dobija iz krive potrošnje i sastoji se od pojedinačne potrošnje po čvorovima. U ovom modelu se može uzeti u obzir zavisnost potrošnje od napona i frekvencije koja je prikazana formulama (1).

$$\begin{aligned}
 PLi &= PLoi \left\{ \left( \frac{V}{V_{\text{nominal}}} \right)^{cpi} + Kpi(f - f_{\text{nominal}}) \right\} \\
 QLi &= QLoi \left\{ \left( \frac{V}{V_{\text{nominal}}} \right)^{cqi} + Kqi(f - f_{\text{nominal}}) \right\}
 \end{aligned} \quad (1)$$

gdje je:

$P_{Loi}$ ,  $Q_{Loi}$  aktivna i reaktivna snaga potrošnje u čvoru pri nazivnom naponu i nazivnoj frekvenciji

$K_{pi}$ ,  $K_{qi}$  koeficijenti zavisnosti aktivne i reaktivne snage potrošnje od frekvencije

$c_{pi}$ ,  $c_{qi}$  koeficijenti zavisnosti aktivne i reaktivne snage potrošnje od napona koji mogu imati vrijednosti:

0 konstantna snaga

1 konstantna struja

2 konstantna impedansa

Prilikom podešavanja potrošnje može se podesiti da:

- potrošnja prati krivu potrošnje sistema
- potrošnja ne prati krivu potrošnje sistema
- mješovito

Potrošnja iz ovog modela se koristi kao ulazni podatak za model frekvencije i program za proračun tokova snaga. DTS omogućava da trener može po želji podešavati pojedinačnu potrošnju u čvorovima, kao i ukupno potrošnju u sistemu. To je veoma korisna opcija. Na potrošnju se može dodati slučajni šum.

- Model generatora koji služi da bi se simulirala reakcija proizvodnih jedinica na automatsku sekundarnu regulaciju, na komande za promjenu proizvodnje i na promjenu frekvencije.
- Model za proračun frekvencije u sistemu koji na osnovu trenutne proizvodnje i potrošnje računa frekvenciju za svako električno ostrvo u sistemu.
- Mrežni model

Mrežni model se sastoji od procesora koji određuje status topologije i programa za proračun tokova snaga. Proračun tokova snaga se vrši brзом raspregnutom metodom, a ukoliko proračun ne konvergira tada se koristi Njutn-Rapsonova metoda. Izbor metode vrši program automatski. Ako nema promjena u sistemu proračun se aktivira ciklično, a ukoliko se u sistemu dogodi promjena (uključenje/isključenje, nagla promjena konzuma itd) tada se automatski pokrene proračun. Prilikom proračuna naponi moraju biti u granicama  $\pm 30\%$  od nazivnog napona. Ukoliko su naponi van tih granica proračun može da ne konvergira.

- Model zaštitnih releja.

Da bi se što realnije simulirao rad EES-a potrebno je modelovati u DTS-u rad relejne zaštite. Pri radu relejne zaštite mogu se pojaviti sledeći signali:

- pobuda kada relejna zaštita prepoznaje pojavu poremećenog stanja
- Prorada kada relejna zaštita da signal za isključenje
- Nestanak kada poremećeno stanje prestane prije isteka vremena nakon koga se aktivira signal za isključenje

Releji koji se mogu unutar DTS-a koristiti su:

- Podfrekventni/ Nadfrekventni releji. Ovi releji su korisni kada se simulira havarijsko stanje u sistemu sa velikim promjenama frekvencije. Prorada ovih releja se može podešavati u više stepena u zavisnosti od frekvencije i na taj način se može simulirati podfrekventno rasterećenje.

- Prekostrujni releji sa inverznom karakteristikom

- Podnaponski/Nadnaponski releji. U EES BIH se ne koriste nadnaponski releji.

- Sinhroček releji postoje na dalekovodima i oni služe da spriječe uključenje prekidača ukoliko postoji razlika u uglu, efektivnoj vrijednosti napona i frekvenciji veća od podešenih vrijednosti. Ovaj relej je koristan kada se simulira razdvajanje sistema na ostrva i tada se može desiti da se ne mogu spojiti ostrva zbog prorade sinhročeka.

- Model regulacije frekvencije susjednih država koji obezbjeđuje realističnu simulaciju ponašanja regulacije frekvencije-snage susjednih država. Ovaj model se koristi prilikom simuliranja promjena frekvencije van dozvoljenih granica. U ovom modelu regulacija snage-frekvencije okolnih država može biti:

- isključena
- U modu regulacija frekvencije (ovaj mod simulira rad okolnih država u ostrvu nakon razdavanja na više povezanih sistema kada dolazi do većih varijacija frekvencije)
- U modu regulacije razmjene
- U modu istovremene regulacije snage razmjene i frekvencije

## B. Model Telemetrije

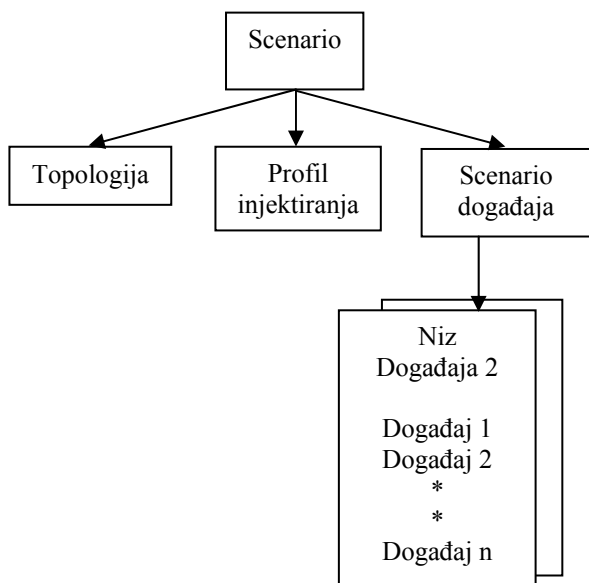
Model telemetrije povezuje Simulator EES-a i simulator kontrolnog (dispečerskog) centra. Model telemetrije simulira telekomunikacionu mrežu preko koje se spaja SCADA sistem sa EES-om. Telemetrirane vrijednosti se prikupljaju u kontrolnom centru koristeći ciklus prikupljanja. Na mjerenja se ukoliko to želimo može dodati slučajni šum i greška mjerenja.

## C. Sistem za obuku

Sistem za obuku omogućava treneru da bude administrator DTS-a. Pomoću njega se pravi scenario po kome će se vršiti obuka dispečera. Preko sistema za obuku trener može da utiče na simulator EES-a i simulator kontrolnog centra. Trener ima mogućnost da napravi i izmjeni modele generatora, ali ako te promjene nisu unesene na SCADA sistem može se desiti da se te promjene izbrišu prilikom kopiranja podataka sa SCADA sistema. Nakon pravljenja modela generatora oni se unutar DTS-a mogu testirati. Nedostatak DTS-a je što se samo podaci mogu kopirati sa SCADA sistema tj ne mogu se podaci preuzeti od nekog drugog programa.

#### IV. PRIPREMA TRENINGA

Prije početka obuke trener treba da pripremi scenario po kome će se vršiti obuka. Na sl. 2 je šematski prikazana priprema scenaria. Scenario se sastoji od:



Slika 2 Priprema scenaria [3]

A. Topologije mreže za koju će se vršiti obuka koja može biti:

- Preuzeta iz arhive SCADA sistema
- Trenutno stanje u DTS-u. Ova opcija je korisna ukoliko se vrši nadogradnja mreže.
- Trenutno stanje sa SCADA sistema (Snapshot)

B. Profil injektiranja koji će se koristiti u scenariju

Profil injektiranja se kopira iz arhive SCADA sistema. Tada treba voditi računa da se i topologija mreže uzima iz istog trenutka, jer u suprotnom može doći do problema sa konvergencijom. Profil injektiranja se može podešavati pojedinačno po trafostanicama, a i za sistem u cjelini. Podešavanjem proizvodnje i potrošnje se utiče na tokove aktivne snage. Podešavanjem reaktivne snage se utiče na napone u sistemu. Podešavanje profila injektiranja omogućava treneru pravljenje scenaria koji se mogu pojaviti u budućnosti.

C. Scenaria događaja koji u sebi sadrži niz događaja

Izbor scenaria zavisi od trenera. Oni se biraju tako da budu mogući odnosno da se pod određenim okolnostima mogu pojaviti u sistemu. Na primjer u EES BIH za vrijeme dobre hidrologije u slučaju ispada određenog dalekovoda može doći do preopterećenja nekog drugog dalekovoda, zbog preraspodjele tokova snaga. Drugi važan scenario je pokretanje elektrana bez prisustva vanjskog napona (black start) [2]. Obuka za ovu vrstu scenaria je obavezna prema [1] za svakog operatora prenosnog sistema, jer se ovaj scenario može pojaviti nakon totalnog raspada sistema. Scenario se sastoji od

odgovarajućeg niza događaja. Postoje sledeće vrste događaja koji se mogu koristiti:

- Pojava alarma i promjena statusa prekidača (isključenje, uključanje)
- Kvar uređaja kojim se simulira kvar prekidača
- Greška mjerenja
- Nagla promjena konzuma
- Kvar na RTU-u
- Kvar na relejnoj zaštiti
- Prorada relejne zaštite
- Zadata proizvodnja određene proizvodne jedinice se može koristiti samo ukoliko se proizvodna jedinica ne koristi za sekundarnu regulaciju frekvencije
- Mod rada proizvodne jedinice. Ovdje se može birati način rada proizvodne jedinice.

#### V. POKRETANJE SESIJE

Kada se pokrene scenario tada se to naziva sesija. Nakon pokretanja sesije trener može u bilo kom trenutku zaustaviti, ponovo pokrenuti i okončati sesiju. Pored toga trener može da u toku trajanja sesije promjeni niz događaja, odnosno izabere drugi niz događaja koji je predhodno pripremljen. Korisna opcija pri radu sa sesijom je ubrzavanje vremena i mogućnost skoka unaprijed i unazad. Ova opcija ima ograničenje zbog regulacije snage-frekvencije da se prilikom skoka ne može pogoditi podešenje proizvodnje koja se nalazi u regulaciji. Trener da bi proverio reakciju obučavanog u toku sesije može u bilo kom trenutku kreirati i pokrenuti događaj (isključenje/uključanje, promjena proizvodnje, nagla promjena konzuma itd). Kada se pokrene sesija, mrežna topologija i profil injektiranja se unose u Simulator EES-a. Nakon toga simulator EES-a počinje ciklično pozivati svoje modele. DTS je organizovan tako da za vrijeme trajanja sesije obučavani može da upravlja mrežom, dok trener upravlja proizvodnjom i potrošnjom. Ovakva organizacija DTS-a je proistekla iz činjenice da operator prenosnog sistema upravlja prenosnom mrežom i nema nadležnost da upravlja proizvodnjom i potrošnjom osim u havarijskim situacijama.

#### VI. RAD SA DTS-OM U NOSBIH-U

Zasad je DTS u NOSBIH-u u fazi testiranja. Na DTS-u se mogu realno simulirati stacionarni režimi. Na primjer scenario beznaponskog stanja 220 kV sabirnica u TS Tuzla 4 je uspješno testiran. Prilikom testiranja proverava se da li trener može koristiti sve funkcije DTS-a koje ima prema [3] i da li obučavani može koristiti na DTS-u funkcije koje ima na SCADA sistemu. Takođe se proverava da li su tokovi snaga na DTS-u realni poređenjem sa arhivom SCADA sistema. SCADA sistem još nije uveden u svim trafostanicama i proizvodnim jedinicama koje su priključene na prenosni sistem, pa se one ne mogu koristiti u DTS-u. Estimator stanja na SCADA sistemu ne procjenjuje dobro napone i tokove reaktivne snage, pa se to prenosi na DTS, pošto se podaci iz arhive SCADA sistema kopiraju u bazu DTS-a. Da bi DTS

dobro funkcionisao mora sve dobro funkcionisati na SCADA sistemu.

#### LITERATURA

- [1] ENTSO-E\_OPERATION HANDBOOK\_III 2011
- [2] NOSBIH studija, "Pokretanje elektrana bez prisustva vanjskog napona (black start)," Decembar 2009
- [3] Siemens SINAUT spectrum Realise 4.4, "Functional Specification Dispatcher Training Simulator," Januar 2005

#### ABSTRACT

Due to the complexity of power system operation, training of dispatchers is required. Training can not be performed on real system, but it can be done with dispatcher training simulator (DTS). This paper describes the working principle of a dispatcher training simulator, its capabilities and how it could be used for training the dispatchers of ISO B&H.

#### **DISPATCHER TRAINING SIMULATOR AT INDEPENDENT SYSTEM OPERATOR IN BOSNIA AND HERZEGOVINA**

Nenad Čavarkapa